



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 62 754 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 21 B 37/16**  
B 21 B 37/70

⑳ Aktenzeichen: 199 62 754.1  
㉑ Anmeldetag: 23. 12. 1999  
㉒ Offenlegungstag: 15. 2. 2001

**DE 199 62 754 A 1**

⑧ Innere Priorität:

199 36 522. 9	06. 08. 1999
199 51 889. 0	28. 10. 1999
199 54 425. 5	11. 11. 1999

㉑ Anmelder:

Muhr und Bander KG, 57439 Attendorn, DE

㉒ Vertreter:

Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr & Eggert,  
45128 Essen

㉓ Erfinder:

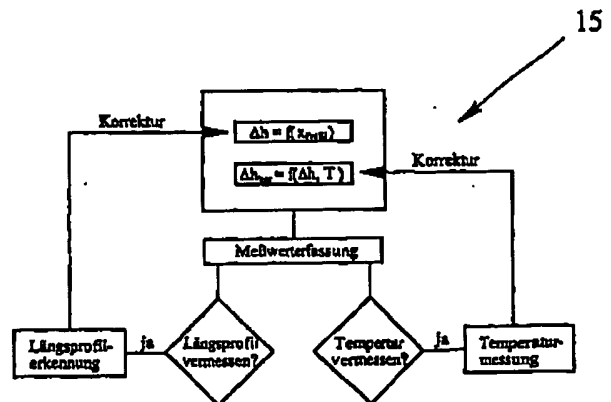
Klein, Friedrich, Dr., 57439 Attendorn, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

④ Verfahren zum flexiblen Walzen eines Metallbandes

⑤ Beschrieben und dargestellt ist ein Verfahren zum flexiblen Walzen eines Metallbandes, wobei das Metallband während des Walzprozesses geführt wird durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen gebildeten und so einstellbaren Walzpalt, daß über die Länge des Metallbandes unterschiedliche Bandabschnitte mit unterschiedlicher Banddicke erzielt werden.  
Um temperaturbedingte Abweichungen im Dicken- und Längenprofil des Metallbandes zu vermeiden, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß eine Kompensation des auf das Metallband wirkenden Temperatureinflusses während des Walzens durchgeführt wird, um Abweichungen von der Solidicke und/oder Solllänge der einzelnen Bandabschnitte bei vorgegebener Endtemperatur des Metallbandes zu vermeiden.



**DE 199 62 754 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum flexiblen Walzen eines Metallbandes, wobei das Metallband während des Walzprozesses geführt wird durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen gebildeten und so einstellbaren Walzspalt, daß über die Länge des Metallbandes Bandabschnitte mit unterschiedlicher Banddicke erzielt werden.

Das flexible Walzen als Verfahren zur Herstellung von planen Metallbändern mit über ihrer Länge definiert unterschiedlichen Banddicken ist bereits aus der Praxis bekannt und dadurch gekennzeichnet, daß während des Walzprozesses der Walzspalt gezielt verändert wird, um über die Länge des Metallbandes unterschiedliche Banddicken zu erzielen. Dies kann einerseits indirekt geschehen durch Veränderung des Verformungswiderstandes des Materials durch Erwärmen oder Abkühlen des Metallbandes und entsprechend veränderte Auffederung des Walzgerüsts während des Walzvorganges. Hierbei kann die Temperatur des Walzgutes sowohl unterhalb als auch oberhalb der Rekristallisationstemperatur liegen. Andererseits kann die Veränderung des Walzspaltes auch durch direktes Verfahren des Walzspaltes über die Arbeitswalzen vorgenommen werden. Nachfolgend werden unter dem flexiblen Walzen beide Möglichkeiten zur Erzielung eines definierten Banddickenverlaufes verstanden.

Beim flexiblen Walzen werden – wie zuvor bereits ausgeführt worden ist – Bandabschnitte mit unterschiedlichen Banddicken gewalzt, die über unterschiedliche Steigungen miteinander verbunden sein können, woraus sich vielfältige Möglichkeiten für Dickenprofile ergeben. Das Ziel des flexiblen Walzens ist es, Walzprodukte mit belastungs- und gewichtsoptimierten Querschnittsformen herzustellen. Das flexible Walzen ermöglicht die prozeßverkürzende Herstellung von Blechen mit einem definierten, bauteilindividuell an den Belastungsfall angepaßten Dickenprofil in Walzlängsrichtung. Derart hergestellte Platten sind nicht nur für den Automobilbau sondern ebenfalls für die Luft- und Raumfahrttechnik und den Wagonbau geeignet. Sie können durch entsprechende Weiterverarbeitungsschritte, wie z. B. Innenhochdruckumformung oder Tiefziehen umgeformt werden. Die Profilherstellung in nur einem Prozeßschritt trägt dabei wesentlich zu dem hohen Wirtschaftlichkeitspotential dieser Fertigungstechnologie bei. Die technologischen Vorteile liegen insbesondere in der Stetigkeit der Werkstoffeigenschaften des Walzgutes, der Anwendbarkeit auf alle walzbaren Materialien sowie der hohen Flexibilität des Herstellungsverfahrens.

Das Verfahren des flexiblen Walzens ist üblicherweise als Bandwalzen von Coil auf Coil ausgelegt, aber auch Varianten wie Coil auf Platine oder Platine auf Platine sind bekannt. Beim Walzen von Coil auf Coil unterstützt der über den Haspel aufgebrauchte Bandzug den Walzprozeß und verbessert wesentlich die Geradheit des fertigen Bandprofils in Längsrichtung, also in Walzrichtung. Im übrigen gewährleistet das flexible Walzen von Coil auf Coil gleichzeitig eine hohe Produktivität, da die Dickenprofile kontinuierlich im Band erzeugt werden.

Von entscheidender Bedeutung beim flexiblen Walzen und auch im konventionellen Walzprozeß ist es, ein planes Metallband mit einem vorgegebenen Dickenmaß herzustellen. Um diese Vorgabe zu erfüllen, wird beim Walzen stets versucht, ein gleichmäßiges Spaltmaß des Walzspaltes beim Walzen zu gewährleisten. Dies ist nicht unproblematisch, da beim Walzen zur Verformung des in der Einlaufzone zum Walzspalt befindlichen Walzgutes erhebliche Kräfte erforderlich sind, welche zu einer elastischen Durchbiegung der Walzen führen. Durch die Durchbiegung der an ihren beiden

Enden gelagerten Walzen ergibt sich eine Biegelinie, die meist parabelförmig ist und der Mittelachse der Walze entspricht. Da die Durchbiegung eine Abweichung vom gleichmäßigen Spaltmaß bzw. vom idealen Spalt verursacht, sind Korrekturmaßnahmen erforderlich.

Eine Maßnahme, die Abweichung vom idealen Spalt – verursacht durch die Durchbiegung der Walzen – zu korrigieren, besteht im Bombieren der Walzenballen. Hierunter wird die tonnenförmige oder bauchige Ausförmung der Walzenballen verstanden. Bei dieser Art der Korrektur ist es möglich, nur die Arbeitswalzen, nur die Stützwalzen oder aber auch sowohl die Arbeitswalzen als auch die Stützwalzen zu bombieren. Das Bombieren soll die Durchbiegung, welche durch die Walzkräfte und das Eigenwicht der Walzen verursacht wird, so ausgleichen, daß der Spalt zwischen den Walzen wieder gleichmäßig verläuft, d. h. über die Länge der Walzen konstant ist. In der Regel ist die Korrektur der Biegelinie jedoch nicht vollständig und gilt die Korrektur, da die Walzenform bzw. die Bombierung nicht veränderlich ist, nur für einen bestimmten Betriebsfall.

Eine weitere Korrekturmöglichkeit besteht darin, jeweils einen Walzenballen durch Drehung in der Horizontalen um den Mittelpunkt seiner Berührungslinie mit der korrespondierenden Walze schräg zu deren Achse zu stellen. Durch diese Schrägstellung ändert sich der Spalt an den Enden der Walzenballen, während er in der Mitte unverändert bleibt. Das Schrägstellen der Walzen gestattet durch die Variationsmöglichkeit zwar einen angenäherten Ausgleich der Durchbiegung für fast alle Betriebsfälle, ist aber hinsichtlich der erzielbaren Genauigkeit dem zuvor genannten Parabol-schliff der Walzenballen gleichzusetzen.

Weiterhin ist es möglich, durch Aufbringen von Kräften auf die Lagerzapfen der Walzen ein Biegemoment zu erzeugen, welches den Biegemomenten beim Walzen entgegenwirkt. Dieses Vorspannen der Walzen gestattet ebenfalls wie die Schrägstellung einen angenäherten Ausgleich für fast alle Betriebsfälle. Nachteilig ist jedoch die wesentlich erhöhte Lagerbelastung. Hinsichtlich der erzielbaren Kompensation ist das Vorspannen mit dem Parabol-schliff vergleichbar.

Schließlich besteht eine weitere Korrekturmöglichkeit in der gezielten Arbeitswalzenkühlung, bei der es sich um eine thermische Bombierung handelt.

Es versteht sich, daß die zuvor angesprochenen Korrekturmöglichkeiten zur Erzielung eines idealen Walzspaltes in Walzwerken sowohl für sich als auch in Kombination miteinander angewendet werden können.

Letztlich dienen alle vorgenannten Maßnahmen dazu, ein planes Metallband mit einem vorgegebenen Dickenmaß zu erzielen. Dies zu erreichen ist beim flexiblen Walzen besonders problematisch, da während des Walzprozesses aufgrund der häufigen Dickenänderungen des Metallbandes ständig große Lastschwankungen am Walzgerüst auftreten, die zum einen zwar die erwünschte Banddickenänderung erbringen, zum anderen aber insbesondere für breitere Metallbänder eine erhebliche Änderung der Walzenbelastung über die Breite zur Folge haben. Hierdurch wird die Biegelinie der Arbeitswalzen, somit die geometrische Ausbildung des Walzspaltes und damit die Planheit beeinflusst, sofern keine Korrektur zur Erzielung eines gleichmäßigen Spaltmaßes erfolgt. Wird beim flexiblen Walzen der Walzspalt entsprechend dem geforderten Bandprofil ohne Korrekturverfahren, so entsteht für diesen Lastwechsel ein charakteristisches unplanes Bandprofil über die Breite. Aufgrund dieser Unplanheit besteht die Gefahr von Randwellen bzw. Bandrissen, da die bezogene Höhenformänderung und dementsprechend bezogene Längenformänderung nicht konstant über die Breite ist. Aufgrund dessen ergeben sich unter-

schiedliche Dicken über die Breite und hieraus unterschiedliche Längen, die diese Bandfehler verursachen.

Im konventionellen Bandwalzprozeß zur Herstellung von planem Metallbändern mit über ihre Länge gleichbleibender Dicke werden sowohl die Banddicke als auch die Plantheit konstant eingestellt, über komplexe Regelkreise überwacht und bei auftretenden Abweichungen über entsprechende Stellglieder geregelt. Ein Regelungsprozeß zum Ausregeln der walzkraftbedingten Walzendurchbiegung im konventionellen Bandwalzprozeß ist beispielsweise aus der DE 22 64 333 C3 bekannt. Grundsätzlich können derartige komplexe Regelkreise auch beim flexiblen Walzen verwendet werden. Problematisch ist aber, daß es bei der Regelung einer bestimmten Ansprechzeit und einer gewissen Regelzeit bedarf, bis die Regelung angesprochen hat und die Wirkung einer Störgrößenänderung durch die Wirkung der Regelung innerhalb der Meß- und Regelgenauigkeit ausgeregelt ist. Dieses Problem des Ansprechens der Regelung und der erforderlichen Regelzeit spielt gerade beim flexiblen Walzen eine erhebliche Rolle, da zum Teil sehr kurze Bandabschnitte mit unterschiedlichen Dicken bei teilweise hohen Walzgeschwindigkeiten gewalzt werden müssen und die Plantheit und vorgegebene Banddicke letztlich über die gesamte Länge des flexibel gewalzten Bandes garantiert sein soll. Gerade für breitere Metallbänder ist dies ausgesprochen schwierig.

Wie sich aus den vorstehenden Ausführungen ergibt, sind erkennbar umfangreiche Bemühungen angestellt worden, um ein planes Metallband mit einem vorgegebenen Dickenprofil zu erzielen. Nicht hinreichend ist beim flexiblen Walzen bisher berücksichtigt worden, daß die Temperatur des Walzgutes beim Walzen sowohl deutlich oberhalb als auch unterhalb der Temperatur liegen kann, bei der das Walzgut weiterverarbeitet bzw. später eingesetzt wird. Diese Temperatur wird nachfolgend als Endtemperatur bezeichnet. Darüber hinaus kann die Temperatur während des flexiblen Walzvorganges stark schwanken. Dies resultiert z. B. aus der eingangs genannten gezielten Temperaturänderung oder aus der geschwindigkeits- und verformungsabhängigen Umformenergie beim Walzen. Im Gegensatz zum klassischen Walzen mit möglichst konstanter Dicke können die Temperaturschwankungen und -abweichungen beim flexiblen Walzen zu unzulässigen Abweichungen vom Soll-dicken- und Sollängenprofil bei der vorgegebenen Endtemperatur des Walzgutes führen.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum flexiblen Walzen eines Metallbandes, wobei das Metallband während des Walzprozesses geführt wird durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen gebildeten und so einstellbaren Walzspalt, daß über die Länge des Metallbandes Bandabschnitte mit unterschiedlicher Banddicke erzielt werden und wobei das Metallband nach dem flexiblen Walzen gerichtet wird.

Bei dem bekannten Verfahren zum flexiblen Walzen kann ein dem Walzvorgang nachgeschaltetes Richten erforderlich sein, um die für die weitere Verarbeitung erforderliche Geradheit bzw. Plantheit des Metallbandes zu gewährleisten. Dieses Richten kann beispielsweise durch Biege- oder auch Streckbiegerichten erfolgen.

Im konventionellen Richtprozeß mit einer als Walzrichtmaschine mit einer Mehrzahl von Richtrollen ausgebildeten Richtvorrichtung wird der Eingangs- und Ausgangsspalt angestellt und in Abhängigkeit von der Richtrollenanzahl wird das Metallband bzw. Richtgut zwischen den versetzt angeordneten Richt- oder Biegerollen einem mehrfachen Hin- und Herbiegevorgang mit abnehmender Krümmung unterworfen. In der Regel ist dabei der obere Richtwalzensatz so angestellt, daß die verbleibende Eigenspannung im Richtgut

bzw. zu richtenden Walzgut minimiert wird. Um Richtgut mit guter Geradheit zu erzielen, muß die erste elastisch-plastische Biegung größer sein als die größte Krümmung, die im Ausgangszustand des Richtgutes vorlag. Über ein weiter abklingendes elastisch-plastisches Hin- und Herbiegen kann die Krümmung im Richtgut immer weiter abgebaut werden. Der letzte elastisch-plastische Biegevorgang muß dabei so ausgelegt sein, daß das Richtgut nach der elastischen Rückfederung nicht mehr gekrümmt ist.

Durch konventionelles Rollenrichten mittels einer Walzrichtmaschine können Fehlerarten wie Mitten- oder Randwellen oft nur unvollkommen beseitigt werden, da hier ausschließlich Biegearbeit und keine Umformarbeit in Längsrichtung verrichtet wird. Um Richtgut, wie insbesondere Metallbänder, besonders hoher Ebenheitsqualität zu erzeugen, wird das Streckbiegerichten eingesetzt. Beim Streckbiegerichten erfolgt das Richten in der Weise, daß das Richtgut einer Reckbeanspruchung über die Streckgrenze unterworfen wird. Das Streckbiegerichten ist besonders für das Richten bei geringfügigen Unebenheiten geeignet.

Problematisch ist aber, daß es beim Richten, insbesondere beim Streckbiegerichten, eines flexibel gewalzten Metallbandes in der Regel zu einer Längenänderung des Materials kommen kann, die in Abhängigkeit insbesondere von Werkstoff, Spannungszustand und Materialstärke unterschiedlich groß ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art zum flexiblen Walzen eines Metallbandes zur Verfügung zu stellen, bei dem sich keine unerwünschten Abweichungen im Längen- und/oder Dickenprofil des fertig gewalzten und ggf. gerichteten Walzgutes ergeben.

Die zuvor hergeleitete und beschriebene Aufgabe ist bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß im wesentlichen dadurch gelöst, daß eine Kompensation des auf das Metallband wirkenden Temperatureinflusses während des Walzens durchgeführt wird, um Abweichungen von der Soll Dicke und/oder Solllänge der einzelnen Bandabschnitte bei vorgegebener Endtemperatur des Metallbandes zu vermeiden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird also erstmals der Temperatureinfluß auf das Walzgut während des Walzens berücksichtigt, der zu Längen- und Dickenabweichungen der einzelnen Bandabschnitte führt. Die Kompensation erfolgt durch die Kenntnis der Längen- und Dickenänderung des Metallbandes bei unterschiedlichen Temperaturen, die die Grundlage der Kompensation bildet.

Bei einer alternativen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung, die bevorzugt aber auch in Verbindung mit der zuvor beschriebenen Kompensation des Temperatureinflusses möglich ist, ist zur Lösung der zuvor beschriebenen Aufgabe erfindungsgemäß vorgesehen, daß eine Kompensation des auf das Metallband wirkenden Richteinflusses während des Walzens durchgeführt wird, um Abweichungen von der Soll Dicke und/oder Solllänge der einzelnen gerichteten Bandabschnitte zu vermeiden. Mit anderen Worten ausgedrückt bedeutet dies, daß die sich beim Richten des Metallbandes ergebende Längung bzw. Streckung des Walzgutes bereits während des vorangehenden flexiblen Walzens berücksichtigt wird, so daß sich nach dem Richten des Walzgutes die vorgegebene Soll Dicke und/oder Solllänge des Walzgutes ergibt. Die einzelnen Bandabschnitte werden also bewußt kürzer als die vorgegebene Solllänge des gerichteten Metallbandes bzw. dicker als die vorgegebene Soll Dicke des gerichteten Metallbandes gewalzt, da nach dem Richten die Länge der einzelnen Bandabschnitte zunimmt und deren Dicke abnimmt. Die Erfindung sieht somit eine gezielte Kompensation bzw. Berücksichtigung des Richteinflusses

bereits während des flexiblen Walzvorganges vor, um so Abweichungen des gerichteten Profils vom Sollprofil des Metallbandes zu vermeiden. Es wird also das Profil des Metallbandes während des Walzvorganges so modifiziert, daß das Ergebnis des späteren Richtvorganges das gewünschte Sollprofil ist. Die Kompensation des Richteinflusses beim Walzen erfolgt unter Berücksichtigung der Kenntnis der Profiländerung des Walzgutes beim Richten.

Die zuvor beschriebenen Kompensationen können sowohl steuernd auf der Basis eines Modells als auch regelnd durchgeführt werden, bei der Kompensation des Temperatureinflusses bevorzugt auf der Grundlage der Ist-Temperatur des Metallbandes oder eines anderen, die Temperatur repräsentierenden Parameters, wie z. B. Längenänderung einer Referenzstrecke, als auch als Kombination dieser beiden Möglichkeiten. Der steuernde Eingriff bietet sich insbesondere immer unmittelbar in dem Moment an, wenn eine Veränderung des Walzspalts vorgenommen wird, da eine Regelung aufgrund der erforderlichen Ansprech- und Regelzeit nicht unmittelbar ansprechen kann, während der regelnde Eingriff unmittelbar nach der Veränderung des Walzspalts vorgenommen werden sollte.

Als Stellgrößen bei der Steuerung bzw. der Regelung kommen bevorzugt eine Änderung des Walzspalts und/oder der Walzgeschwindigkeit in Frage. Im übrigen wird die Kompensation während des flexiblen Walzens vorzugsweise derart durchgeführt, daß nach dem Walzvorgang die Sollgeometrie des gewalzten Metallbandes bei Raumtemperatur von etwa 20°C erreicht ist.

Vom besonderen Vorteil ist es, die erfindungsgemäße Kompensation mit einem steuernden und einem daran anschließenden regelnden Eingriff zu verbinden, um nicht nur die gewünschte Sollgeometrie hinsichtlich Dicks und Länge der einzelnen Bandabschnitte bei vorgegebener Endtemperatur zu erzielen, sondern gleichzeitig eine gute Planheit des Metallbandes. Hierzu ist erfindungsgemäß weiterhin vorgesehen, daß während jedes Veränderns des Walzspalts oder unmittelbar danach die Biegelinien der Arbeitswalzen in Abhängigkeit vom eingestellten Walzspalt zur Erzielung der Planheit des Metallbandes gesteuert werden. Wesentlich hierbei ist also, daß die Beeinflussung der Biegelinien der Arbeitswalzen beim Einstellen bzw. Verändern des Walzspalts – jedenfalls zunächst – nicht über eine Regelung erfolgt, sondern über eine Steuerung, also einen Vorgang, bei welchem eine Größe – vorliegend die Biegelinien der Arbeitswalzen – von einer anderen Größe – vorliegend dem Walzspalt – in einem vorgegebenen, festen Zusammenhang beeinflusst wird. Die Kompensation der Biegelinienänderung aufgrund der Lastwechsel bei einer Walzspaltänderung erfolgt durch die Kenntnis der Biegelinienabhängigkeit von den jeweiligen Walzspalten. Wird beispielsweise bei einem bestimmten Walzgut der Walzspalt von  $S_1$  auf  $S_2$  verstellt, so führt diese Verstellung des Walzspalts zu einer Veränderung der Durchbiegung der Arbeitswalzen. Diese Biegelinienänderung ist bekannt und bildet die Grundlage der gesteuerten Kompensation. Das Bekanntsein der Biegelinienänderung kann aus der vorgegebenen Geometrie folgen, kann aber insbesondere empirisch gewonnen werden, nämlich dadurch, daß entsprechende Meßgrößen während des Walzprozesses rückgeführt werden. Die Biegelinie wird im Ergebnis direkt in Abhängigkeit von den jeweiligen Walzspalten durch Aufbringung, d. h. Erhöhung oder Verminderung bestimmter Rückbiegekräfte angepaßt, um ein gleichmäßiges Spaltmaß über die Länge des Walzspalts zu erhalten. Durch diesen steuernden Eingriff auf den Walzprozeß beim Einstellen des Walzspalts kann gezielt auf das Metallband eingewirkt werden, und zwar bevor eine mögliche nachfolgende Regelung überhaupt wirksam wird, um letztlich ein

über seine gesamte Breite planes Metallband zur Verfügung zu stellen.

Von besonderem Vorteil ist es in diesem Zusammenhang, wenn die Planheit im Anschluß an die Steuerung und insbesondere unmittelbar nach der Einstellung des Walzspalts über wenigstens einen Regelkreis geregelt wird. Es ist also vorgesehen, daß zunächst, d. h. beim Einstellen des Walzspalts, lediglich eine Steuerung erfolgt. Äußere Störgrößen mit Ausnahme des sich ändernden Walzspalts bzw. der Walzgeschwindigkeit können hierbei nicht berücksichtigt werden. Ist der steuernde Eingriff jedoch abgeschlossen, spricht die Regelung an, um die im Band verbliebene Unplanheit zu beseitigen und damit ein planes Metallband zu erzielen. Entsprechend kann bei der Kompensation des Temperatureinflusses und/oder des Richteinflusses verfahren werden.

Während des flexiblen Walzens ist es aufgrund der vorgegebenen Dickenänderungen des Metallbandes erforderlich, mehrfach den Walzspalt zu verstellen. Daher ist erfindungsgemäß weiterhin vorgesehen, daß kurz vor oder während des erneuten Einstellens des Walzspalts die Regelung unterbrochen und erneut gesteuert wird. Es ergibt sich also ein ständiger Wechsel zwischen Steuerung und Regelung in Abhängigkeit der vorbestimmten Dickenänderung des Metallbandes über seine Länge. Auch dieses Prinzip läßt sich bei der zuvor angesprochenen Kompensation des Temperatureinflusses und/oder des Richteinflusses entsprechend realisieren.

Zur Steuerung werden in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Walzspalten vorbestimmte Rückbiegekräfte auf die Arbeitswalzen und/oder auf Zwischenwalzen und/oder auf Stützwalzen aufgebracht, um eine Arbeitswalzenbiegung oder eine Zwischen- und Arbeitswalzenbiegung oder eine Stütz- und Arbeitswalzenbiegung zu erzielen. Korrespondierend hierzu werden zum Ausregeln einer Unplanheit des Metallbandes dem jeweiligen Belastungsfall angepaßte Rückbiegekräfte auf die Arbeitswalzen und/oder Zwischenwalzen und/oder Stützwalzen aufgebracht, um ebenfalls eine Arbeitswalzenbiegung und/oder eine Zwischen- und Arbeitswalzenbiegung und/oder eine Stütz- und Arbeitswalzenbiegung zu erzielen. Die vorgenannte Steuerung bzw. Regelung läßt sich bevorzugt mit der erwähnten Arbeits- und/oder Zwischen- und/oder Stützwalzenbiegung umsetzen, da hier – der Verfahrensgeschwindigkeit des Walzspalts entsprechend – schnelle Änderungen realisiert werden können, was gerade beim flexiblen Walzen mit zum Teil sehr kurzen Bandabschnitten wichtig ist. Denkbar wären aber auch andere Möglichkeiten, die Planheit zu beeinflussen, z. B. durch das Verschieben von Zwischenwalzen beim Six-High-Mill-Gerüst, durch hydraulisch gestützte Walzen oder durch das Cross-Rolling. Ziel ist es aber in jedem Fall, ein planes, flexibel gewalztes Band mit vorgegebener Sollgeometrie bei Endtemperatur herzustellen und gleichzeitig die Haspelfähigkeit solcher Metallbänder zu verbessern bzw. zu optimieren.

Damit die Regelung im Anschluß an die Steuerung möglichst schnell anspricht, was, wie zuvor bereits ausgeführt worden ist, gerade beim flexiblen Walzen von erheblicher Bedeutung ist, empfiehlt es sich, daß die Messung der Planheit optisch vorgenommen wird. Die optische Messung der Planheit läßt sich unmittelbar hinter den Arbeitswalzen in einfacher Weise realisieren. Dabei wird die Planheit des Metallbandes bevorzugt über die gesamte Breite des Metallbandes hinter dem Walzspalt für jedes Längeninkrement gemessen.

Besonders bevorzugt im Zusammenhang mit der optischen Messung ist es, daß zur Messung der Planheit über die gesamte Breite des Metallbandes verteilte Laserdickenmeß-

stationen vorgesehen sind und daß die Laserdickenmessung über Triangulation erfolgt. Die Laserdickenmessung über die gesamte Breite des Metallbandes ermöglicht in einfacher Weise online eine Optimierung der Biegelinie der Arbeitswalzen. Die Laserdickenmessung über Triangulation ermöglicht durch den kleinen Meßfleck und die hohen Meßfrequenzen von 1 kHz und mehr auch bei kurzen Bandabschnitten von ca. 50 mm Länge das Bestimmen des Querprofils.

Es versteht sich, daß es grundsätzlich möglich ist, auch andere als optische Meßmittel zur Bestimmung einer nach der Steuerung im Band noch verbliebenen Unplanheit zu verwenden. So kann beispielsweise eine Stressometerrolle verwendet werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung nochmals erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Teils eines Walzgerüsts ohne Gegenbiegung,

Fig. 2 eine Ansicht des Walzgerüsts aus Fig. 1 mit Gegenbiegung,

Fig. 3 die Darstellung eines Regelkreises und

Fig. 4 die Darstellung eines weiteren Regelkreises.

In den Fig. 1 und 2 ist ein Teil eines Walzgerüsts 1 einerseits ohne Gegenbiegung (Fig. 1) und andererseits mit Gegenbiegung (Fig. 2) dargestellt. Im einzelnen sind gezeigt eine zylindrische Arbeitswalze 2 mit Walzenballen 3 und Lagerzapfen 4, 5, die in Lagern 6, 7 gelagert sind. Oberhalb der Arbeitswalze 2 befindet sich eine Stützwalze 8 mit einem zylindrischen Stützwalzenballen 9 und Lagerzapfen 10, 11, die in Lagern 12, 13 gelagert sind. Bei der dargestellten Arbeitswalze 2 und der Stützwalze 8 handelt es sich um die oberen Walzen des Walzgerüsts 1. Nicht dargestellt sind die beiden unteren korrespondierenden Walzen, nämlich eine untere Arbeitswalze und eine untere Stützwalze. Zwischen den beiden Arbeitswalzen befindet sich der Walzspalt S.

Es versteht sich, daß die Erfindung sowohl bei einem Duo-Walzgerüst, bei einem Quarto-Walzgerüst, bei einem Sixto-Walzgerüst, bei einem Z-High-Walzgerüst, bei einem Zwölfrollen-Walzgerüst und bei einem Zwanzigrollen-Walzgerüst angewendet werden kann und daß statt zylindrischer Arbeitswalzen 2 und Stützwalzen 8 grundsätzlich auch bombierte Walzen eingesetzt werden können.

In Fig. 1 ist ein Anwendungsfall beim Walzen eines nicht gezeigten Metallbandes dargestellt, bei dem auf die Arbeitswalze 2 eine Walzkraft  $F_w$  ausgeübt wird. Die Walzkraft  $F_w$  bewirkt eine elastische Durchbiegung der Arbeitswalze 2, so daß sich die Biegelinie B der Arbeitswalze 2 ergibt. Die Walzkraft  $F_w$  führt jedoch nicht nur zu einer Durchbiegung der Arbeitswalze 2, sondern auch zu einer Durchbiegung der Stützwalze 8, was jedoch im einzelnen nicht dargestellt ist.

In der Fig. 2 ist der Zustand der Arbeitswalze 2 und der Stützwalze 8 mit Gegenbiegung dargestellt. Der Walzspalt S hat im Gegensatz zum in Fig. 1 dargestellten Zustand ein konstantes, gleichmäßiges Spaltmaß; realisiert ist also ein zumindest im wesentlichen gleichbleibender konstanter Abstand zwischen den beiden einander zugewandten Flächen der Arbeitswalzen. Im in Fig. 2 dargestellten Zustand ist die Arbeitswalze 2 nicht durchgebogen. Der Walzkraft  $F_w$  wirken über die Stützwalze 8 aufgebraute Rückbiegekräfte  $F_B$  entgegen.

Bei der dargestellten Ausführungsform verläuft die Biegelinie B, die der Mittelachse der Arbeitswalze 2 entspricht, parallel zur Außenseite der Arbeitswalze 2. Bei einem bombierten Walzenballen ist dies nicht der Fall. In diesem Falle ist bei einem über die Länge der Arbeitswalze konstanten Walzspalt im Gegensatz zu der Darstellung gemäß Fig. 2 die

Arbeitswalze durchgebogen, obwohl die den Walzspalt begrenzende Linie bzw. Fläche der Arbeitswalze horizontal verläuft.

Das flexible Walzen eines Metallbandes wird so durchgeführt, daß der Walzspalt S während des Walzvorganges gezielt verändert wird, um eine vorbestimmte Dickenänderung des Metallbandes über seine Länge zu erzielen. Wesentlich ist dabei zunächst, daß während des Einstellens des Walzspalts S oder unmittelbar danach die Biegelinien B der Arbeitswalzen 2 in Abhängigkeit vom eingestellten Walzspalt zur Erzielung der Planheit des Metallbandes gesteuert werden. Dies ist durch die Kenntnis der Biegelinienabhängigkeit von den verschiedenen Walzspalten möglich. Hierdurch wird die aufgrund der verschiedenen Walzspalte verursachte Abweichung vom idealen Spalt kompensiert.

Im Anschluß an den zuvor beschriebenen steuernden Eingriff beim Einstellen des Walzspalts S wird die Planheit über den in Fig. 3 dargestellten Regelkreis 14 geregelt. Hierdurch wird eine noch im Band nach dem steuernden Eingriff verbliebene Unplanheit ausgeregelt. Wird der Walzspalt S später wieder verstellt, wird die Regelung unterbrochen und in der zuvor erläuterten Weise wieder gesteuert.

Zur Steuerung werden in Abhängigkeit von den verschiedenen Walzspalten vorbestimmte Rückbiegekräfte  $F_B$  auf die Stützwalzen 8 aufgebracht, um eine Arbeits- und Stützwalzenbiegung zu erzielen. Mit dem gleichen Ziel werden Rückbiegekräfte  $F_B$  auf die Arbeitswalzen 2 zum Ausregeln der Unplanheit aufgebracht.

Zur Regelung wird zunächst eine Meßwerterfassung über entsprechende Meßmittel vorgenommen. Dabei wird sowohl das Längs- als auch das Querprofil vermessen. Anschließend erfolgt die Längsprofil- bzw. Querprofilerkennung, wobei die Regelabweichung zwischen Ist- und Sollwert der jeweiligen Regelgröße festgestellt wird. Die jeweiligen Korrekturwerte werden dann einem Regelkreis zugeführt. Bei der Längsprofilerkennung wird entsprechend dem vorgegebenen Sollwert die Änderung  $\Delta h$  der Dicke des Metallbandes auf den vorgegebenen Sollwert korrigiert. Hierzu ist eine entsprechende Änderung  $\Delta S$  des Walzspalts erforderlich. Von der Änderung des Walzspalts S hängen schließlich wiederum die auf die jeweiligen Arbeitswalzen 2 aufzubringenden Rückbiegekräfte  $F_B$  ab.

Das zuvor beschriebene Verfahren berücksichtigt aber noch nicht den Temperatureinfluß auf das Metallband beim Walzvorgang. In diesem Zusammenhang darf auf den in Fig. 4 dargestellten Regelkreis 15 verwiesen werden. Das erfindungsgemäße Verfahren zum flexiblen Walzen eines Metallbandes läuft derart ab, daß der Walzspalt und/oder die Walzgeschwindigkeit während des Walzvorganges gezielt beeinflußt wird, um den Temperatureinfluß beim Walzen, der eine Dicken- und Längenbeeinflussung des Metallbandes zur Folge hat, zu kompensieren. Auch hierbei wird zunächst eine Profilerkennung durchgeführt, wobei Regelabweichungen festgestellt werden. Durch Veränderung des Walzspaltes und/oder der Vorschubbewegung bzw. der Walzgeschwindigkeit kann diese Längenänderung und gleichzeitig die Dickenänderung gezielt kompensiert werden. Wie sich aus dem in Fig. 4 dargestellten Regelkreis 15 ergibt, erfolgt die Walzspaltregelung in Abhängigkeit der gemessenen Längsprofile und Ist-Temperaturen des Walzgutes.

Des weiteren berücksichtigt das zuvor beschriebene Verfahren noch nicht die Profiländerung des Metallbandes beim Richten des Metallbandes im Anschluß an das flexible Walzen. Das erfindungsgemäße Verfahren zum flexiblen Walzen unter Berücksichtigung des Richteinflusses läuft derart ab, daß der Walzspalt und/oder die Walzgeschwindigkeit während des Walzvorganges gezielt beeinflußt wird, um die

beim Richten auftretende Profiländerung bereits während des Walzvorganges zu kompensieren. Der Walzspalt und/oder die Vorschubgeschwindigkeit der Walzgeschwindigkeit werden derart über einen Steuer- und/oder Regelkreis verändert, daß sich ein gegenüber dem gerichteten Sollprofil verkürztes und dickeres Profil des Metallbandes ergibt, das nach dem Richten dem vorgegebenen Sollprofil entspricht.

Im übrigen versteht es sich, daß die zu den Fig. 1 bis 3 beschriebene Möglichkeiten der Regelung, Steuerung und Messung entsprechend bei der Kompensation des Temperatureinflusses und/oder des Richteinflusses anwendbar sind.

Außerdem sei darauf hingewiesen, daß die Erfindung nicht nur auf solche Verfahren beschränkt ist, bei denen Metallbänder flexibel gewalzt werden. Die Erfindung läßt sich in gleicher Weise auch bei anderem Walzgut anwenden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum flexiblen Walzen eines Metallbandes, wobei das Metallband während des Walzprozesses geführt wird durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen gebildeten und so einstellbaren Walzspalt, daß über die Länge des Metallbandes Bandabschnitte mit unterschiedlicher Banddicke erzielt werden, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kompensation des auf das Metallband wirkenden Temperatureinflusses während des Walzens durchgeführt wird, um Abweichungen von der Sollstärke und/oder Solllänge der einzelnen Bandabschnitte bei vorgegebener Endtemperatur des Metallbandes zu vermeiden.

2. Verfahren zum flexiblen Walzen eines Metallbandes, wobei das Metallband während des Walzprozesses geführt wird durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen gebildeten und so einstellbaren Walzspalt, daß über die Länge des Metallbandes Bandabschnitte mit unterschiedlicher Banddicke erzielt werden, und wobei das Metallband nach dem flexiblen Walzen gerichtet wird, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kompensation des auf das Metallband wirkenden Richteinflusses während des Walzens durchgeführt wird, um Abweichungen von der Sollstärke und/oder Solllänge der einzelnen gerichteten Bandabschnitte des Metallbandes zu vermeiden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensation über eine Steuerung und/oder eine Regelung durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung auf der Grundlage der Ist-Temperatur des Metallbandes und/oder eines Parameters erfolgt, aus dem die Ist-Temperatur ableitbar ist, wie insbesondere die Längenänderung einer Referenzstrecke des Metallbandes.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kompensation der Walzspalt und/oder die Walzgeschwindigkeit während des Walzens gezielt beeinflusst wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Endtemperatur des Metallbandes die Raumtemperatur, vorzugsweise etwa 20°C ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß während jedes Veränderns des Walzspalts oder unmittelbar danach die Biegelinien der Arbeitswalzen in Abhängigkeit vom veränderten Walzspalt zur Erzielung der Planheit des Metallbandes gesteuert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Planheit im Anschluß an die Steuerung und

insbesondere unmittelbar nach der Veränderung des Walzspalts über wenigstens einen Regelkreis geregelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß kurz vor oder während des erneuten Veränderns des Walzspalts die Regelung der Planheit unterbrochen wird und die Biegelinien der Arbeitswalzen in Abhängigkeit der erneuten Walzspaltveränderung für den neuen Walzfall zur Erzielung der Planheit erneut gesteuert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Walzspalten vorbestimmte Rückbiegekräfte auf die Arbeits- und/oder Zwischen- und/oder Stützwalzen aufgebracht werden, um eine Arbeitswalzenbiegung, eine Zwischen- und Arbeitswalzenbiegung und/oder eine Stütz- und Arbeitswalzenbiegung zu erzielen.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ausregeln einer Unplanheit des Metallbandes dem jeweiligen Belastungsfall angepaßte Rückbiegekräfte auf die Arbeits- und/oder Zwischen- und/oder Stützwalzen aufgebracht werden, um eine Arbeitswalzenbiegung, eine Zwischen- und Arbeitswalzenbiegung und/oder eine Stütz- und Arbeitswalzenbiegung zu erzielen.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Planheit berührungslos, z. B. optisch erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Planheit des Metallbandes über die gesamte Breite des Metallbandes hinter dem Walzspalt für jedes Längeninkrement gemessen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der Planheit über die gesamte Breite des Metallbandes verteilte Laserdickenmeßstationen vorgesehen sind und daß die Laserdickenmessung über Triangulation erfolgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Planheit berührend, z. B. über eine Stressometerrolle erfolgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

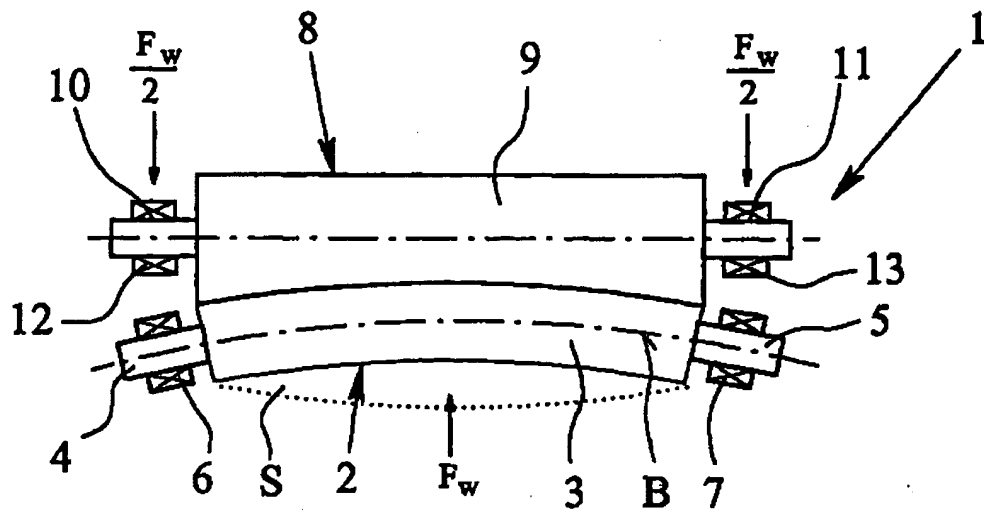


Fig. 1

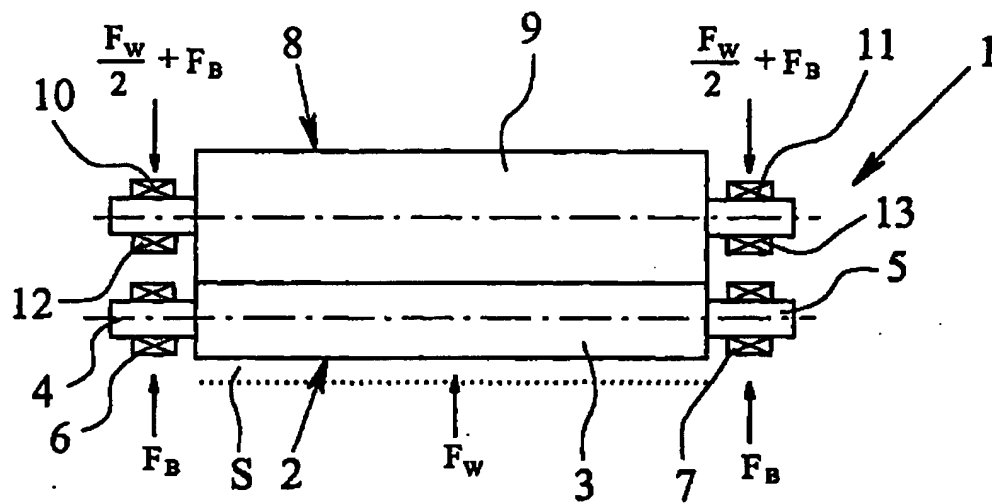


Fig. 2